Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

FLAMMENLOSE ATOMABSORPTIONSSPEKTROGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ABGABE VON QUECKSILBER AUS NEUEREN LEGIERUNGEN VON KUPFER- UND SILBERZINNAMALGAMFÜLLUNGEN IN FLÜSSIGKEITEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Kurt Schlesiger
aus
Bistritz

1978

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

FLAMMENLOSE ATOMABSORPTIONSSPEKTROGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ABGABE VON QUECKSILBER AUS NEUEREN LEGIERUNGEN VON KUPFER- UND SILBERZINNAMALGAMFÜLLUNGEN IN FLÜSSIGKEITEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Kurt Schlesiger
aus
Bistritz

1978

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof. Dr. H.-E. Hoffmeister
Berichterstatter: Prof. Dr. R. Mayer
(Prof. Dr. Dr. P. Riethe)

FOTODRUCK H. RESCH · Georgstr. 50 · 7402 Kirchentellinsfurt

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
2 VERSCHIEDENE VERFAHREN ZUR QUANTITATIVEN QUECKSILBERBESTIMMUNG IN FLÜSSIGKEITEN	7
2.1 Meßmethode	7
2.2 Apparatur, Chemikalien, Zusatzgeräte	8
2.3 Vorgehen	1o
2.4 Fehlerquellen	13
3 EIGENE UNTERSUCHUNGEN	14
3.1 Vorversuche	14
3.1.1 Größenordnung der Quecksilberabgabe aus den drei Amalgamarten	14
3.1.2 Blindwerte der Reagenzien	14
3.2 Hauptversuche	15
3.2.1 Quecksilberabgabe aus Standalloy®	15
3.2.2 Quecksilberabgabe aus A-76-non gamma 2	15
3.2.3 Quecksilberabgabe aus Cupro-Muc®	16
3.3 Ergebnisse	16
3.4 Vergleiche der drei Versuchsarten	24
4 DISKUSSION	26
5 ZUSAMMENFASSUNG	34
6 LITERATURVERZEICHNIS	35

1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Quecksilber (Hg) ist das einzige bei Zimmertemperatur flüssige Metall. Es erstarrt bei -39°C und verdampft zum Teil schon bei Zimmertemperatur. In der Zahnheilkunde wird Quecksilber, als Bestandteil des Amalgams, zur Kronenrestauration und im geringeren Ausmaß als Wurzelfüllmaterial benutzt.

Die Toxizität der Quecksilberdämpfe war schon in Altertum bekannt. Das Für und Wider artikulierte sich heftiger, als TAVEAU 1833 Quecksilber, in Verbindung mit Silber und Kupfer, zum Füllen von "Hohlräumen" in Zähnen systematisch als Ersatz für die Goldhämmerfüllung benutzte. 1850 wurde Amalgam offiziell als Füllungsmaterial freigegeben.

Nach HOFFMANN-AXTHELM (1974) ist Amalgam eine Legierung des Quecksilbers mit einem oder mehreren anderen Metallen. Die heute überwiegend benutzten "Edelamalgame" werden erst durch das Anmischen mit Quecksilber zum Amalgam und damit zum definitiven Füllungsmaterial. Das früher verwendete Kupferamalgam kam in gehärteten rautenförmigen Stückchen in den Handel.

Vor dem Stopfen wurden die Rauten nach REBEL (1950), SAUERWEIN (1972) im Amalgamlöffel erhitzt, bis Quecksilbertropfen auftraten. Danach wurde das Kupferamalgam mit Glasmörser und Glaspistill plastisch gerieben. Vor dem Gebrauch wurde die Masse im Rehledertuch über dem wassergefüllten Abfallbehälter geknetet. Kennzeichen für die richtige Konsistenz waren Schneeballknirschen und fehlender Quecksilberglanz.

Kupferamalgam setzt sich aus 64 % Quecksilber, 35 % Kupfer und Spuren von Zink und Zinn zusammen. Vorteilhaft in der Verwendung war Kupferamalgam aus folgenden Gründen:

Es wirkte bakterizid, war leicht zu adaptieren, sogar in feuchte Kavitäten, besaß einen guten Randschluß und eine

gute Kantenfestigkeit. Deshalb war es besonders in der Kinderzahnheilkunde sehr beliebt (HELBIG, 196o).

Die Nachteile von Kupferamalgam sind nach REBEL (195o) folgende:

Quecksilberabgabe aus der Füllung, Verfärbung der Füllung und der Zahnhartsubstanz. Aus dieser ständigen Auflösung ergibt sich aber auch die wertvollste Eigenschaft: die bakterizide Wirkung. Diese beruht im wesentlichen auf der oligodynamischen Wirkung der abgegebenen Cu Ionen. Die hohe Quecksilberabgabe beim Erhitzen des Kupferamalgams kann die Gesundheit der Beschäftigten in einer Zahnarztpraxis beeinträchtigen: STOCK (1926), REBEL (195o), MAYER (1974) u. a. Substanzverlust und grauschwarze Verfärbung, unzureichende Möglichkeit der Ausgestaltung der Füllungsränder und die Gefahr einer allergischen Reaktion und Intoxikation durch Quecksilber haben zur ständigen Weiterentwicklung beigetragen. Durchgesetzt haben sich die sogenannten Edelamalgame. Nach der FDI Spezifikation sollten Edelamalgame folgende Zusammensetzung haben: 65 % Ag (min.), 29 % Sn (max.), 6 % Cu (max.), 2 % Zn (max.), 3 % Hg (max.).

Die Feilung wird mit Quecksilber im Verhältnis 1 : 1 angemischt und soll nach spätestens 3o Sekunden gebrauchsfertig sein.

Der durch Kondensation entstandene Werkstoff hat eine für die konservierende Zahnheilkunde ausreichende Härte, Bruchfestigkeit und Volumenbeständigkeit.

Nachteile: Korrosion, dadurch Substanzverlust und Bruchgefahr, die Gefahr der Intoxikation und allergischen Reaktion durch Quecksilber.

Wegen der leichten Adaptierbarkeit und Wirtschaftlichkeit ist Amalgam auch heute das am meisten verwendete Füllungs-

material. Nach WIRTZ und CASTAGNOLA (1977) sind 52 % der gelegten Füllungen Amalgamfüllungen. Pro Jahr wird in Deutschland 2o ooo kg Amalgamfeilung verbraucht.

Im Bestreben, die Edelamalgame zu verbessern, sind eine Reihe neuer Amalgamarten hergestellt worden, die sich sowohl in der Zusammensetzung als auch in den physikalischen und chemischen Eigenschaften unterscheiden, wobei das Hauptproblem darin besteht, neben der Verbesserung der physikalischen Eigenschaften den Quecksilbergehalt und die Quecksilberabgabe zu verringern.

KROPP (1976) beschreibt ein non-gamma 2 Amalgam mit erhöhtem Kupfergehalt (Luxalloy^{R}) und dadurch wesentlich verbesserten Eigenschaften. Zurückzuführen seien diese Verbesserungen auf das Fehlen der gamma-2-Phase. Sie sei verantwortlich für das Korrosionspotential der Gesamtfüllung und deren geringe mechanische Widerstandsfähigkeit, obwohl ihr Anteil bei Edelamalgamen nur 8 - 1o % beträgt.

DREYER JORGENSEN (1974) sieht die gamma-2-Phase als Netz, welches die Füllung durchzieht. Es wird nur angegriffen, wenn auf der Füllungsoberfläche unterschiedliche Sauerstoffkonzentrationen angetroffen werden. Ursache dafür können Plaques und Dentritus sein. Dieser Konzentrationsunterschied bewirkt den Bruch im inneren Gefüge der Füllung.

Presseberichte über Umweltbelastungen durch Quecksilber lassen das Quecksilberproblem weiter im Vordergrund stehen.

Konsequenterweise sollte versucht werden, den Quecksilbergehalt von Füllungen herabzusetzen, um dadurch, parallel zu anderen Maßnahmen, die pro Tag vom Menschen aufgenommene Gesamtquecksilbermenge zu verringern.

Seit STOCK (1926) auf die Vergiftungsgefahr durch Quecksilberdämpfe aus Amalgamfüllungen hingewiesen hat, haben

eine ganze Reihe von Autoren diese Gefährdung durch ihre Versuche bestätigt. Quecksilber aus Füllungen kann sowohl zu einer Intoxikation des Organismus, als auch unabhängig von der Höhe der resorbierten Quecksilbermenge allergisierende Erscheinungen hervorrufen.

In dieser Versuchsreihe wollen wir die Quecksilberabgabe von drei Amalgamen vergleichen:

1.) Ein im Handel befindliches Silberamalgam der Firma Degussa, Standalloy^{R} voramalgamiert, Chargen Nr. 4o 533

Zusammensetzung der Feilung:

	Silbergehalt	68 %
	Kupfergehalt	6 %
	Quecksilbergehalt	3 %
	Zinn	23 %
Dosierung:		1/1
Anmischung:	im Dentomaten	3o Sekunden
Verarbeitungszeit:		7 Minuten
Druckfestigkeit:	nach 1 Stunde	7o-9o N/mm^2
	nach 24 Stunden	39o-41o N/mm^2.
	nach 7 Tagen	41o N/mm^2
	Flow:	1,2-1,5 %
	Creep:	1,2 %
	Expansion:	+ 15- +17 Mikrometer/cm

2.) Ein neues hochsilberhaltiges Versuchsamalgam der Firma Degussa - A 76 non gamma 2.
Die Feilung besteht aus 8o % Kugeln und 2o % Spänen.
Zusammensetzung der Feilung:

Silbergehalt	8o,6 %
Kupfergehalt:	12,7 %
Quecksilbergehalt:	o,o %
Zinn	6,7 %

Dosierung:		1/1
Anmischung:	im Dentomaten	3o Sekunden
Verarbeitungszeit:		7 Minuten
Druckfestigkeit:	nach 1 Stunde	15o N/mm^2
	nach 24 Stunden	38o N/mm^2
	nach 7 Tagen	41o N/mm^2
	Flow:	o,2 %
	Creep:	o,1 %
	Expansion:	+ 15 Mikrometer/cm

3.) Ein im Handel befindliches Kupferamalgam der Firma Merz, Cupro-Muc^R

Zusammensetzung:	Silbergehalt	o,4 %
	Kupfergehalt	28,7 - 3o,7 %
	Quecksilbergehalt	68,o - 7o,o %
	Cadiumgehalt	o,6 %
	Zinngehalt	o,3 %

Dosierung: Wird im gebrauchsfertigen Zustand geliefert

Verarbeitung: Erwärmen im verschlossenen Cupro-Muc^R-Schmelzröhrchen, bis Quecksilbertröpfchen austreten, 1/2 Minute mit Glasmörser und Pistill anreiben und im Rehleder durchkneten, fehlender metallischer Glanz und Schneeballknirschen sind Kennzeichen dafür, daß das Amalgam gestopft werden kann. Erhärtung nach 25 - 3o Minuten

Härteprüfung:	Nach 2 Stunden	2o kg
(Vikers Härte)	Nach 24 Stunden	154 kg
	Nach 7 Tagen	16o kg
	Expansion	- 7 Mikrometer/cm

In den nachfolgenden Untersuchungen soll anhand dieser zum Teil neueren Legierungen geklärt werden:

* Findet eine Quecksilberabgabe aus der jeweiligen Füllung in die sie umgebende Flüssigkeit statt?

* Falls ja - wie hoch kann die Belastung für den menschlichen Organismus werden?

* Wie sieht die zeitliche Verteilung der Quecksilberabgabe aus?

2 VERSCHIEDENE METHODEN ZUR QUANTITATIVEN QUECKSILBERBESTIMMUNG IN FLÜSSIGKEITEN

Von mehreren möglichen Methoden zur quantitativen Quecksilberbestimmung, wie jene nach STOCK und LUX (1931), BRANDENBERGER und BADER (1967), DILL (1967) und den AOAC-Methoden 25o58 - 25o65 (1968), haben wir uns auf Grund der Untersuchung von DIEHL (1974) für die Methode von DILL (1967) entschieden.

2.1 Meßmethode

Das Verfahren zur quantitativen Quecksilberbestimmung aus Flüssigkeiten von DILL (1976) basiert darauf, daß die in der Lösung enthaltenen Quecksilberionen mit Hilfe von $Sn\,Cl_2$ zu metallischem Quecksilber reduziert werden. Ein durch die Lösung geleiteter Luftstrom überführt dieses Quecksilber in die Dampfphase. Der Quecksilberdampf wird durch eine Quarzküvette geleitet. Die Küvette ersetzt den Brenner im Strahlengang eines Atomabsorptionsspektrophotometers. Gemessen wird die Schwächung der ausgestrahlten Eingangsenergie einer Quecksilberdampflampe, in deren Strahlengang sich die Quarzküvette befindet.

Von Vorteil ist die relativ große Genauigkeit (Mikrogramm) und der geringere Zeitaufwand.

Gemessen wird bei einer Wellenlänge von 253,7 nm. Das Gerät ist mit einem Anzeigeinstrument und einem Kompensationsschreiber gekoppelt. Der Luftstrom wird von einer elektrischen Pumpe geliefert.

2.2 Apparatur, Chemikalien und Zusatzgeräte

Für unsere Versuche, nach dem Verfahren von DILL durchgeführt, verwendeten wir:

1. Das Perkin-Elmer-Atom-Absorptions-Spektrophotometer, welches mit einer Perkin-Elmer Hg 266 - P Intensition Lampe und einem Potentiometer ausgerüstet war;
2. Waschflaschen mit Schliff, 1oo ml;
3. Glasstopfen mit Fritten und zwei Bohrungen, für die Waschflaschen;
4. Elektrische Saugpumpe, Fa. Neubauer Typ AL 17;
5. Servogor Kompensationsschreiber Re 541;
6. Quarzküvette mit Ein- und Ausgang, durch 2 Hähne zu verschließen;
7. Verbindungsschläuche;
8. Rundkolben 5o ml, mit Glasstopfen;
9. Eppendorf Pipetten, Größen: 1oo und 1ooo Mikroliter;
10. Eppendorf Spitzen;
11. Trockenpatrone;
12. Magnesiumperchlorat, Fa. Merck, für die Trockenpatrone;
13. Oktanol (1) rein $C_8H_{18}O$, Fa. Merck;
14. Aqua bidestillata;
15. Wässerige Quecksilber-Standardlösung 1 mg/1;

Siehe dazu Skizze aus Abb. 1

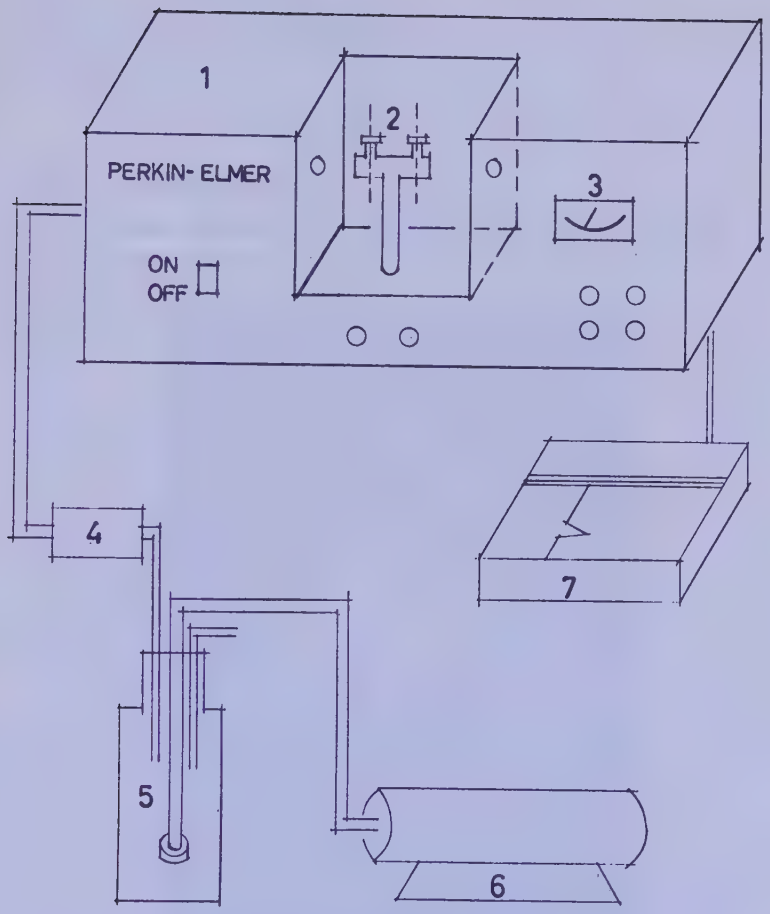


Abb. 1 Schematische Darstellung der Apparatur

1) Atomabsorptionsspektrophotometer
2) Quarzküvette mit zwei Hähnen
3) Anzeige
4) Trockenpatrone
5) Waschflasche
6) Elektropumpe
7) Schreiber

2.3 Vorgehen

In 1o Plexiglaswürfel, siehe dazu Abb. 2, wurden zylinderische Kavitäten mit einem Durchmesser von 8 mm und einer Tiefe von 5 mm gebohrt. Die Oberfläche der Kavitäten betrug 5o,24 mm^2. Das Amalgam wurde nach den Angaben des Herstellers angemischt und in die Kavitäten gefüllt.

Die Würfel wurden in Rundkolben, siehe dazu Abb. 3, gegeben und 3o ml aqua bidestillata hinzugefügt. Danach kamen die Kolben in den Trockenschrank. Die Temperatur wurde auf 34°C eingestellt. Am ersten Tag wurde die Flüssigkeit jede zweite Stunde untersucht und durch neues aqua bidestillata ersetzt. Drei Stunden vor Durchführung der Versuche wurde das Perkin-Elmer Gerät, siehe dazu Abb. 4, eingeschaltet. Die Quarzfenster wurden mit 2 n H_2SO_4 und aqua dest. gereinigt. Die Küvette wurde mittels vertikaler und horizontaler Schraube im Strahlengang ausgerichtet. Auf der Skala des Anzeigeinstrumentes wurde die Nullanzeige gesucht. In die Waschflasche wurde 8o ml, 2o %ige Zinnchloridlösung und 1 ml Octanol (verhindert übermäßiges Schäumen), gegeben. Pumpe und Schreiber wurden eingeschaltet. Die Trockenpatrone wurde zur Hälfte mit Magnesiumperchlorat gefüllt. Zu Versuchsbeginn und zur Kontrolle am Ende der Versuche wurden 1oo Mikroliter Standardlösung in die Waschflasche gespritzt, entspricht o,1 Mikrogramm Quecksilber. Mit Hilfe der Standardlösung wurde auf diese Art der Schreiberausschlag kalibriert, das heißt, der Schreiberausschlag wurde in Beziehung zu der in der Flüssigkeit enthaltenen Quecksilbermenge gesetzt. Die Nachweisgrenze unseres Gerätes für Quecksilber betrug o,oo5 Mikrogramm.

Nach dem Kalibrieren wurden die Proben durchgeschüttelt. Von jeder der zehn Proben wurden aufeinanderfolgend 1 ml Lösung in die Waschflasche gespritzt und die enthaltenen Quecksilbermengen bestimmt.

Abb. 2 Plexiglaswürfel
Kantenlänge: 2o x 15 x 1o mm
Kavität: Tiefe 5 mm
Durchmesser 8 mm

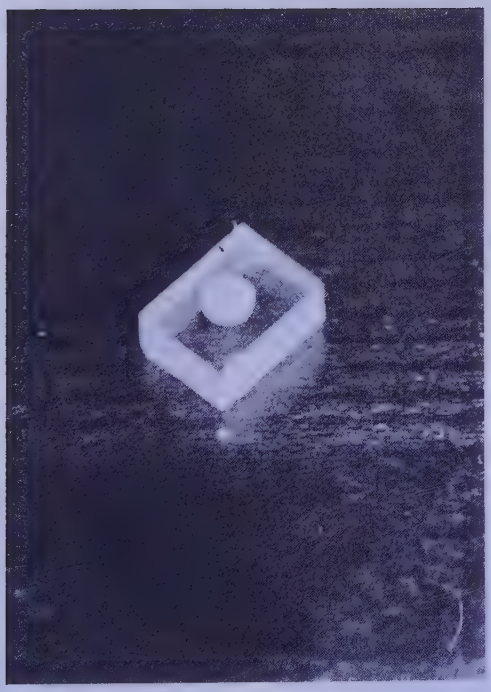
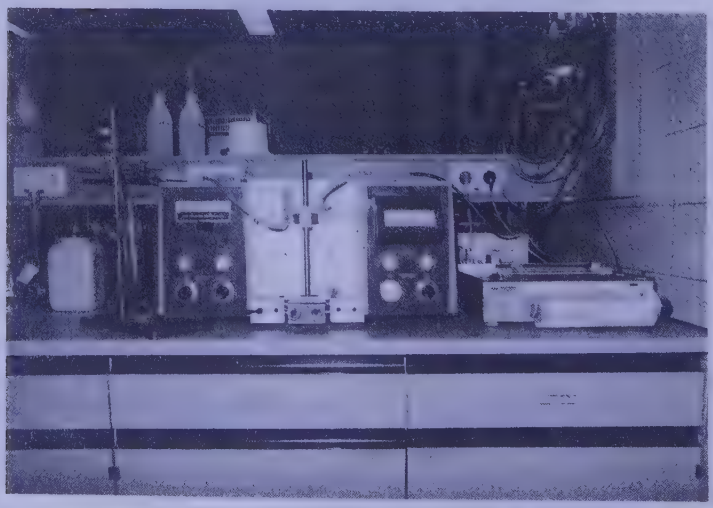


Abb. 3 Rundkolben 5o ml mit 3o ml aqua bidest. und Plexiglaswürfel

Abb.4 Perkin-Elmer-Atom-Absorptions-Spektrophotometer



2.4 Fehlerquellen

1. Dämpfe, die bei einer Wellenlänge von 253,7 nm absorbieren, zum Beispiel: Kohlenwasserstoffe, Aceton, Schwefeldioxyd, Stickstoffdioxyd und Zigarettenrauch können die Meßergebnisse verfälschen.

2. Das Magnesiumperchlorat muß jeden Tag erneuert werden. Sobald es nicht mehr locker ist, sondern Klumpen bildet, ist seine Durchlässigkeit zu gering.

3. Tägliches Reinigen der Quarzfenster ist notwendig.

4. Vor jeder Untersuchungsreihe soll das Gerät mindestens 3 Stunden eingeschaltet sein. Dann ist die Ausgangsenergie der Quecksilberdampflampe höher.

5. Die Verbindungsschläuche sollen möglichst kurz sein.

6. Nach Versuchsende sind die 2 Hähne der Quarzküvette zu schließen.

7. Chemikalien sollen nur in Glasflaschen aufbewahrt werden.

8. Neu angesetzte Reagenzien sind immer auf den Blindwert zu prüfen.

3 EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Vorversuche

3.1.1 Größenordnung der Quecksilberabgabe aus den drei Amalgamarten

In 1o Plexiglaswürfel wurden 5 mm tiefe Kavitäten mit einem Durchmesser von 8 mm gebohrt. Die nach außen freie Oberfläche der Kavitäten betrug 5o,24 mm^2.

1o Kavitäten wurden mit Standalloy^R, 1o Kavitäten mit A-76-non gama 2 und weitere 1o Kavitäten mit Cupro-Muc^R gefüllt. Jeder Würfel wurde in einen Rundkolben mit Schliff gegeben und 3o ml aqua bidestillata hinzugegeben. Die Kolben wurden mit Glasstopfen verschlossen und für 3 Tage bei 34°C in den Trockenschrank gestellt. Danach wurden die Proben untersucht, um die Größenordnung der Quecksilberabgabe festzustellen. Gemessen wurde sie mit dem Perkin-Elmer-Atomabsorptionsspektrophotometer. Nach Vergleich mit der Standardlösung wurden für die drei Amalgamarten die Durchschnittswerte errechnet.

Die Quecksilberabgabe beträgt bei A-76 zwischen o,1 und o,3 Mikrogramm, bei Standalloy^R zwischen 1 und 2 Mikrogramm, bei Cupro-Muc^R zwischen 3 und 6 Mikrogramm. Die Nachweisgrenze unseres Gerätes lag bei o,oo5 Mikrogramm Quecksilber.

3.1.2 Blindwerte der Reagenzien

Plexiglas, Zinnchloridlösung, aqua bidestillata (letzteres bei jeder neu angefangenen Flasche) wurden für 24 Stunden bei 34°C inkubiert, um eventuelles Vorhandensein von Quecksilber oder einer anderen, bei einer Wellenlänge von 253,7 mm absorbierenden Substanz festzustellen. Bei den anschließenden Messungen wurde mit unserem Gerät kein Quecksilber festgestellt.

3.2 Hauptversuche

3.2.1 Quecksilberabgabe aus Standalloy^{R}

Festzustellen war, wieviel Quecksilber aus einer Silberzinnamalgamfüllung, Standalloy^{R}, dem heute überwiegend benutzten Amalgam, innerhalb von 1o Tagen in Flüssigkeit übergeht und diesen Wert mit der abgegebenen Quecksilbermenge aus A-76-non gamma 2 und Cupro-Muc^{R} zu vergleichen. Wir füllten 1o Plexiglaskavitäten, Durchmesser 8 mm, Tiefe 5 mm, Oberfläche 5o,24 mm^{2}, mit Standalloy^{R}. Diese Oberfläche entspricht nach GANTNER (1966) der Größenordnung einer mod-Füllungsoberfläche im Prämolarenbereich im Unterkiefer. Das Silberzinnamalgam wurde nach den Angaben der Firma Degussa im Dentomaten angemischt und trituriert. Die Plexiglaswürfel und 3o ml aqua bidestillata wurden in Rundkolben mit Schliff gegeben, mit Glasstopfen verschlossen und für 2 Stunden bei 34°C im Trockenschrank inkubiert.

Während der ersten 8 Stunden wurde die Flüssigkeit im 2-Stundenrhythmus aus den Kolben entnommen, untersucht und durch frisches aqua bidestillata ersetzt.

Danach wurde die Flüssigkeit im 24-Stundenrhythmus untersucht und durch 3o ml frisches aqua bidestillata ersetzt.

Aus den 1o Proben wurde für jede Messung der Mittelwert errechnet.

3.2.2 Quecksilberabgabe aus A-76-non gamma 2

Nach der gleichen Methode wie im Versuch 3.2.1 wurde hier die Quecksilberabgabe aus A-76-non gamma 2 innerhalb von 1o Tagen festgestellt. Die Füllungsoberfläche betrug 5o,24 mm^{2}. Angemischt und trituriert wurde im Dentomaten, Zeit 3o Sekunden. Da die Werte unter 1 Mikrogramm lagen,

wurden am ersten Tag nur 2 Messungen nach 2 und 4 Stunden durchgeführt.

Die nächste Messung fand am zweiten Tag statt, dann wieder am vierten, achten und zehnten Tag.
Auch hier wurde der Mittelwert der 1o Proben errechnet.

3.2.3 Quecksilberabgabe aus Cupro-Muc^{R}

Verfahren wurde wie in den beiden vorangegangenen Versuchsreihen, mit den gleichen Versuchskörpern. Nach den Angaben der Firma Merz wurde das Amalgam im verschlossenen Schmelzröhrchen erhitzt, mit Glasmörser und Pistill angerieben, danach im Ledertuch durchgeknetet und in die 1o Plexiglaskavitäten eingefüllt.

Die Messungen wurden wie im Versuch 3.2.1 durchgeführt.

3.3 Ergebnisse

Hauptversuch 3.2.1 Standalloy^{R}

Es gingen in den ersten 1o Tagen nach dem Stopfen insgesamt 2,o Mikrogramm Quecksilber pro Füllung in Lösung. In den ersten 24 Stunden geht das meiste Quecksilber in die Flüssigkeit, über 5o %.

Von Tag zu Tag gibt die Standalloy^{R}-Amalgamfüllung weniger Quecksilber ab. Je später gemessen wird, desto geringer ist die Quecksilberkonzentration in der Lösung. Nach 4 Tagen ist die Hauptmenge Quecksilber ausgeschieden, über 9o %.

Die Nachweisgrenze unseres Gerätes für Quecksilber beträgt o,oo5 Mikrogramm.
Siehe dazu Tabelle 1 und Abb. 5.

Tabelle 1: Hg Abgabe von Standalloy^{R} pro Messung im Verlauf von 10 Tagen in Mikrogramm/50 mm^2

Probe	2 h	4 h	6 h	8 h	24 h	48 h	72 h
Nr. 1	0,31	0,48	0,59	0,68	1,01	1,47	1,79
Nr. 2	0,34	0,44	0,58	0,67	1,04	1,44	1,71
Nr. 3	0,34	0,45	0,58	0,68	1,02	1,44	1,71
Nr. 4	0,33	0,45	0,56	0,68	1,01	1,46	1,77
Nr. 5	0,34	0,43	0,57	0,66	1,00	1,47	1,74
Nr. 6	0,31	0,46	0,56	0,66	1,01	1,45	1,72
Nr. 7	0,33	0,47	0,61	0,65	1,04	1,46	1,70
Nr. 8	0,31	0,43	0,59	0,66	1,02	1,42	1,70
Nr. 9	0,35	0,45	0,57	0,69	1,03	1,44	1,71
Nr. 10	0,33	0,48	0,59	0,67	1,01	1,43	1,69
Mittelwert:	0,329	0,456	0,580	0,670	1,190	1,448	1,714

Probe	96 h	120 h	144 h	168 h	192 h	216 h	240 h
Nr. 1	1,90	1,96	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01
Nr. 2	1,88	1,96	1,99	2,04	2,04	2,04	2,04
Nr. 3	1,89	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
Nr. 4	1,91	1,96	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99
Nr. 5	1,90	1,94	1,96	2,00	2,00	2,00	2,00
Nr. 6	1,92	1,92	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99
Nr. 7	1,91	1,94	1,94	2,01	2,01	2,01	2,01
Nr. 8	1,92	1,96	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99
Nr. 9	1,89	1,91	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
Nr. 10	1,88	1,90	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Mittelwert:	1,900	1,942	1,980	1,996	1,996	1,996	1,996

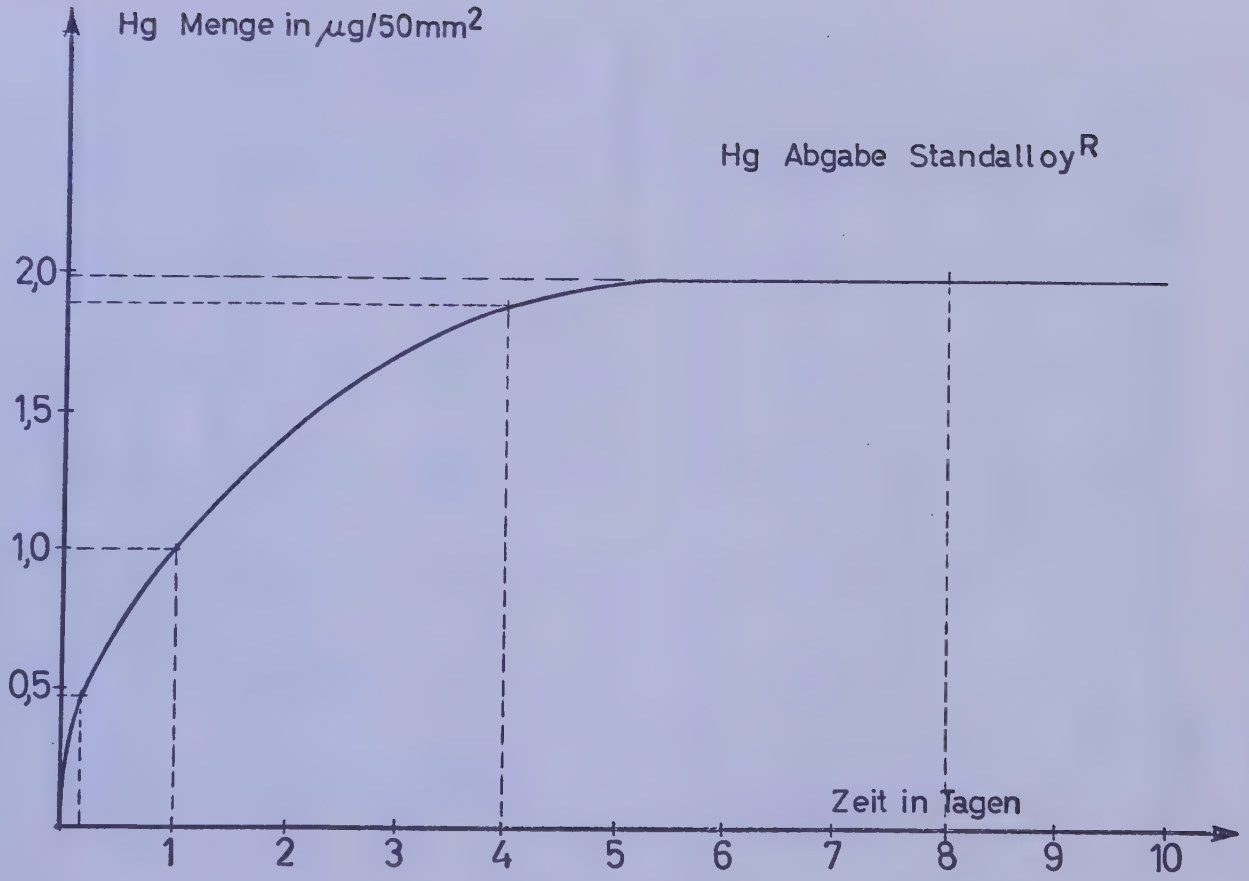

Hg Menge in µg/50mm²
Hg Abgabe Standalloy R
2,0
1,5
1,0
0,5
Zeit in Tagen
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Abb. 5

Hauptversuch 3.2.2 A-76-non gamma 2

Im Durchschnitt gibt eine A-76-non gamma 2 Amalgamfüllung in 1o Tagen o,4 Mikrogramm Quecksilber ab.

5o % davon treten in den ersten 4 Stunden in Lösung.

Nach 4 Tagen ist praktisch kein Quecksilber mehr im aqua bidestillata zu finden. Die frisch gelegte Füllung gibt in den ersten Stunden das meiste Quecksilber ab. Je später der Zeitpunkt an dem gemessen wird, desto weniger Quecksilber ist in der Lösung zu finden.

Siehe dazu Tabelle 2 und Abb. 6.

Tabelle 2 Hg Abgabe aus A-76-non-gamma 2 pro Messung im Verlauf von 1o Tagen in Mikrogramm/5o mm^2

Probe	2 h	4 h	24 h	96 h	168 h	240 h
Nr. 1	0,180	0,306	0,390	0,450	0,450	0,450
Nr. 2	0,180	0,228	0,396	0,456	0,456	0,456
Nr. 3	0,180	0,294	0,384	0,384	0,384	0,384
Nr. 4	0,150	0,270	0,360	0,360	0,360	0,360
Nr. 5	0,150	0,270	0,330	0,390	0,390	0,390
Nr. 6	0,180	0,228	0,396	0,456	0,456	0,456
Nr. 7	0,150	0,200	0,396	0,396	0,396	0,396
Nr. 8	0,180	0,306	0,390	0,450	0,450	0,450
Nr. 9	0,180	0,312	0,400	0,450	0,450	0,450
Nr. 10	0,150	0,294	0,396	0,456	0,456	0,456
Mittel-wert:	0,168	0,271	0,384	0,425	0,425	0,425

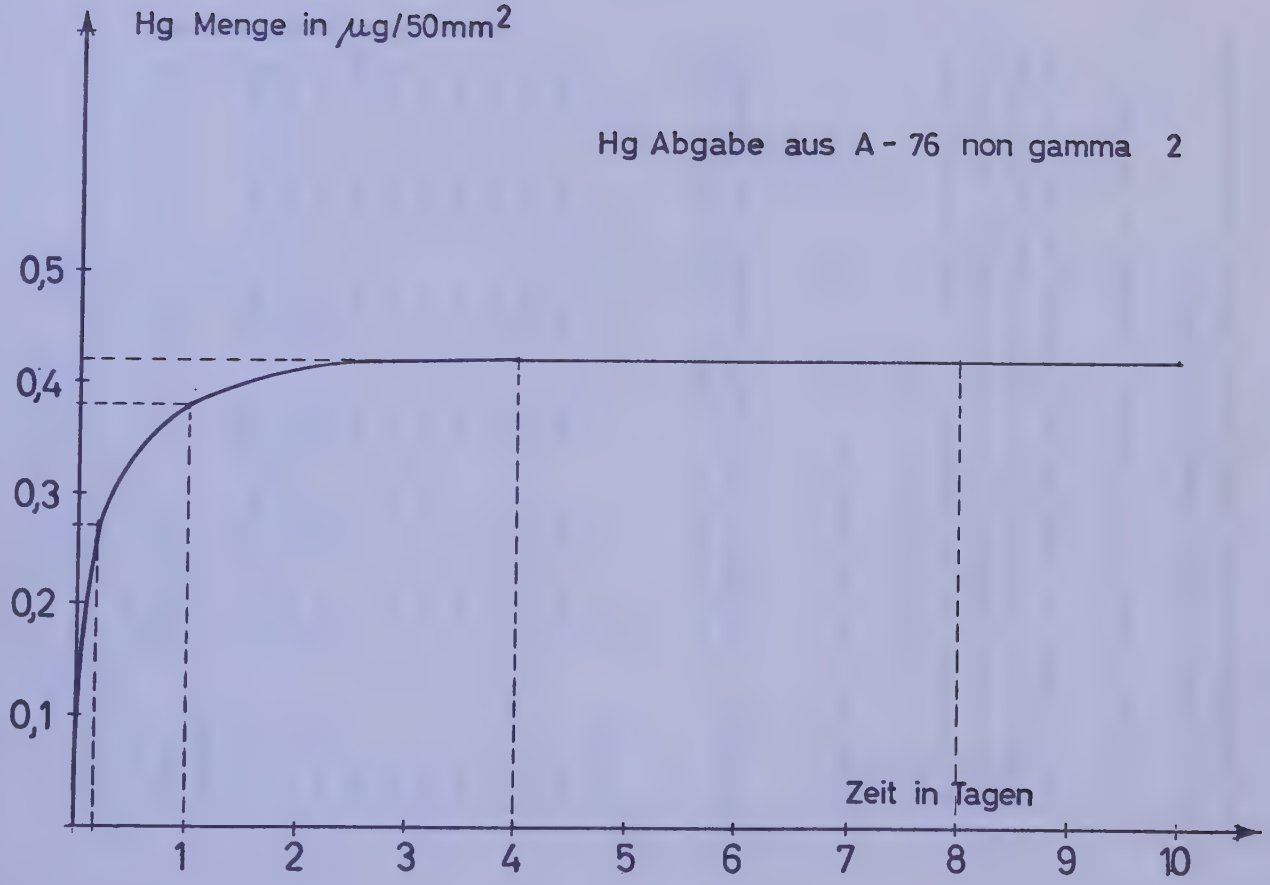

Hg Menge in µg/50mm²
Hg Abgabe aus A - 76 non gamma 2
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
Zeit in Tagen
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Abb. 6

Hauptversuch 3.2.3 Cupro-Muc^{R}

In den ersten 1o Tagen nach dem Stopfen gingen insgesamt 2,878 Mikrogramm Quecksilber pro Füllung in Lösung.

Nach 24 Stunden waren im Durchschnitt pro Füllung 64 % Quecksilber in Lösung übergegangen. Von Tag zu Tag verringert sich die Quecksilberabgabe. An den letzten beiden Tagen geht weniger als o,7 % der insgesamt abgegebenen Quecksilbermenge in Lösung.

Siehe dazu Tabelle 3 und Abb. 7.

Tabelle 3: Hg Abgabe von Cupro-Muc^{R} pro Messung im Verlauf von 10 Tagen in Mikrogramm/50 mm^2

Probe:	2 h	4 h	6 h	8 h	24 h	48 h	72 h
Nr. 1	0,61	0,80	0,97	1,15	1,80	2,38	2,60
Nr. 2	0,63	0,81	0,98	1,14	1,82	2,41	2,64
Nr. 3	0,60	0,80	0,98	1,16	1,84	2,40	2,59
Nr. 4	0,62	0,82	1,00	1,14	1,79	2,42	2,61
Nr. 5	0,62	0,79	1,02	1,17	1,82	2,38	2,62
Nr. 6	0,58	0,79	1,00	1,12	1,78	2,42	2,63
Nr. 7	0,60	0,80	1,01	1,14	1,83	2,41	2,61
Nr. 8	0,61	0,79	0,98	1,16	1,86	2,36	2,62
Nr. 9	0,57	0,77	0,98	1,12	1,81	2,40	2,58
Nr. 10	0,61	0,81	0,98	1,13	1,88	2,42	2,61
Mittel-wert:	0,605	0,798	0,990	1,143	1,823	2,360	2,611

Probe	96 h	120 h	144 h	168 h	192 h	216 h	240 h
Nr. 1	2,71	2,77	2,81	2,83	2,85	2,86	2,87
Nr. 2	2,71	2,76	2,82	2,84	2,86	2,87	2,88
Nr. 3	2,75	2,80	2,82	2,84	2,86	2,88	2,89
Nr. 4	2,73	2,79	2,82	2,85	2,87	2,88	2,89
Nr. 5	2,75	2,79	2,83	2,85	2,87	2,87	2,87
Nr. 6	2,73	2,77	2,80	2,83	2,86	2,87	2,88
Nr. 7	2,72	2,78	2,80	2,83	2,85	2,86	2,86
Nr. 8	2,71	2,77	2,79	2,83	2,85	2,86	2,87
Nr. 9	2,72	2,78	2,80	2,83	2,85	2,87	2,88
Nr. 10	2,74	2,79	2,81	2,84	2,86	2,88	2,89
Mittel-wert:	2,727	2,780	2,810	2,837	2,858	2,870	2,878

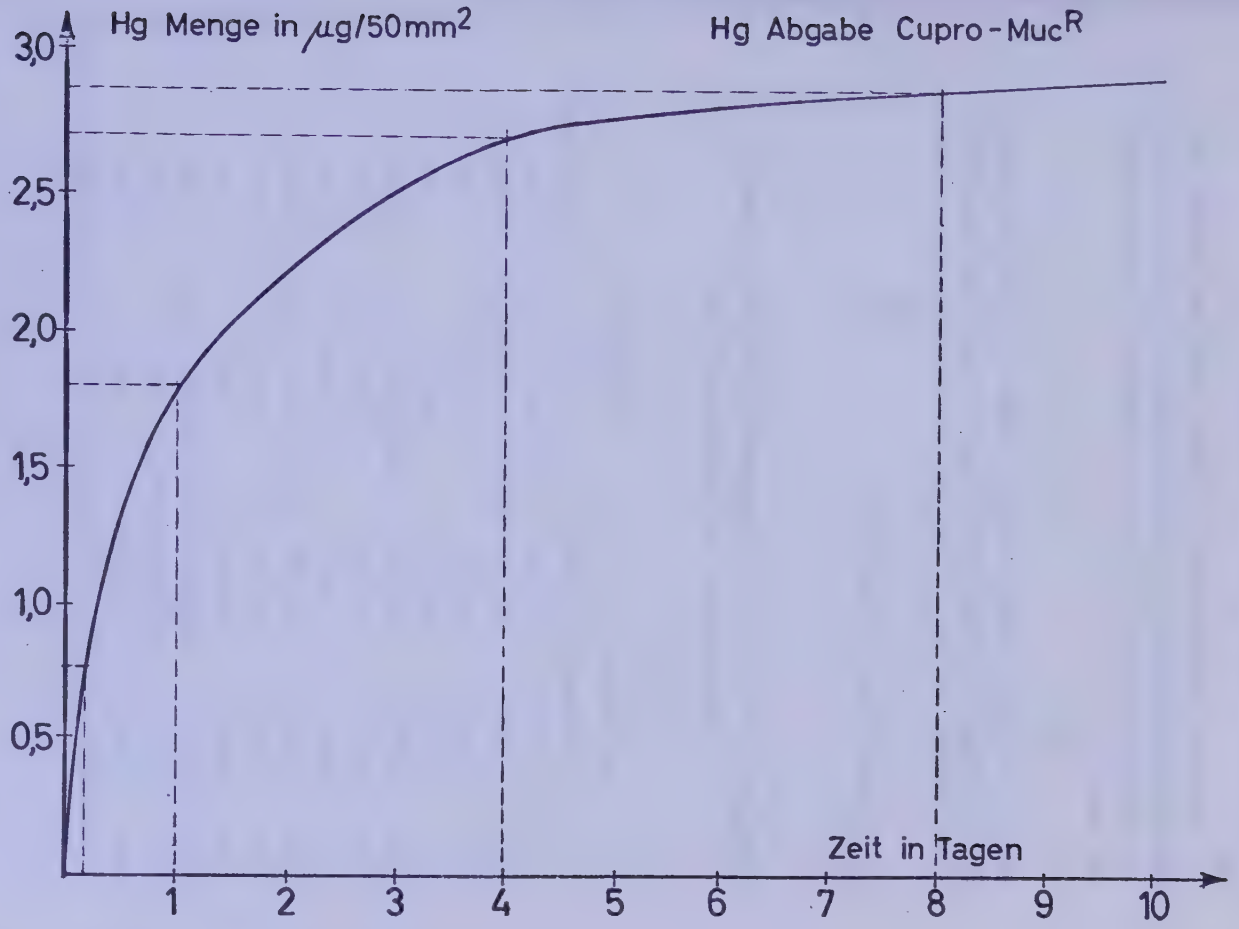

Hg Menge in µg/50mm²
Hg Abgabe Cupro-Muc R
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
Zeit in Tagen
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Abb. 7

3.4 Vergleich der drei Versuchsreihen

A - 76 gibt in den ersten 1o Tagen nach dem Stopfen die geringste Hg Menge ab, o,425 Mikrogramm, das ist 1/5 der von Standalloy^{R} und 1/7 der von Cupro-Muc^{R} abgegebenen Hg Menge.

Aus A - 76 ist nur die ersten 4 Tage Hg in der Flüssigkeit nachweisbar, bei Standalloy^{R} über 7 Tage, aus Cupro-Muc^{R} geht bis zum 1o. Tag (o,7 %) Hg in die Flüssigkeit über.

Siehe dazu Tabelle 4 und Abb. 8.

Tabelle 4 Vergleich der abgegebenen Quecksilbermengen (Mittelwert) in Mikrogramm/5o mm^2

	pro Messung:			insgesamt:		
Std.	Cupro-Muc^{R}	Stand^{R}	A 76	Stand^{R}	A 76	Cupro-Muc^{R}
2	0,605	0,329	0,168	0,329	0,168	0,605
4	0,183	0,146	0,103	0,475	0,271	0,798
6	0,192	0,095		0,57		0,990
8	0,153	0,102		0,672		1,143
24	0,680	0,348	0,113	1,020	0,384	1,823
48	0,537	0,429		1,449		2,360
72	0,251	0,265		1,714		2,611
96	0,116	0,186	0,041	1,90	0,425	2,727
120	0,056	0,042		1,942		2,783
144	0,027	0,049		1,991		2,810
168	0,026	≤0,005	≤0,005	1,996	0,425	2,836
192	0,022	≤0,005	≤0,005	1,996		2,858
216	0,012	≤0,005		1,996		2,870
240	0,008	≤0,005	≤0,005	1,996		2,878

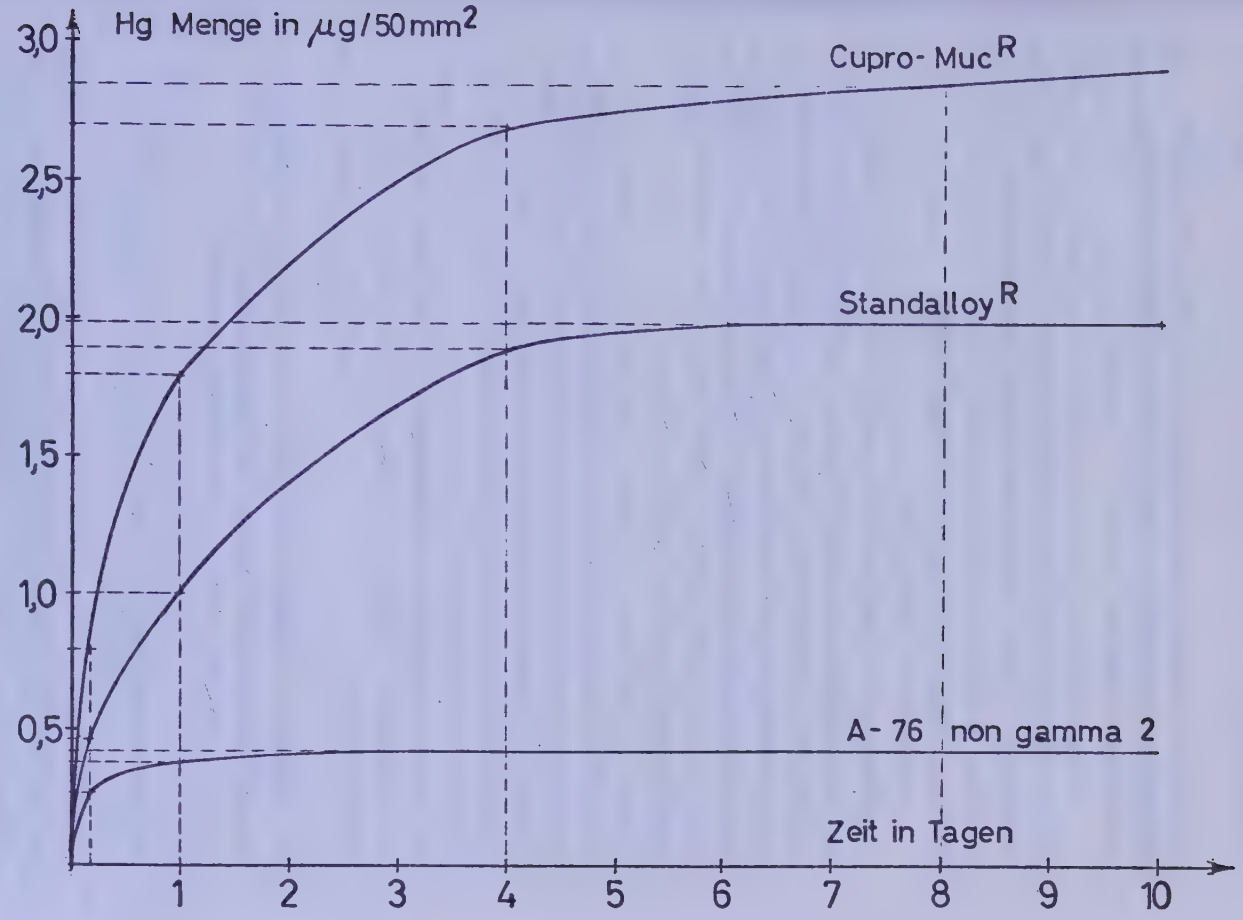


Abb. 8 Vergleich Hg Abgabe

4 DISKUSSION

In unseren Untersuchungen stellten wir fest, daß frisch gelegte Amalgamfüllungen verschiedener Zusammensetzung Quecksilber abgeben.

Wir untersuchten drei Amalgamarten unter gleichen Versuchsbedingungen. Diese Bedingungen trugen den klinischen Gegebenheiten Rechnung. Der mechanische Abrieb bei der mastikotorischen Tätigkeit blieb unberücksichtigt.

DIEHL hatte 1974 festgestellt, daß die Quecksilberabgabe aus Amalgamfüllungen gleichbleibt, unabhängig von der Flüssigkeit, die sie umgibt. DIEHL verglich die Flüssigkeiten aqua bidestillata, Ringerlösung, HCL-Lösung, künstlichen Speichel. Natürlicher Speichel erwies sich als unbrauchbar, weil er nach kurzer Zeit zu gären begann und entsprechend große Mengen schwer zu gewinnen waren.

In dieser Versuchsreihe wurde aqua bidestillata verwendet. Die Oberfläche einer Füllung betrug 5o mm^2. Nach GANTNER (1966) ist dieses die Oberfläche einer F_3-Füllung eines Prämolaren im Unterkiefer, einer Kavität nach BLACK (1914).

Die Inkubationstemperatur betrug 34°C. Nach der Feststellung von MAYER (1966) ist dieses die durchschnittliche Mundtemperatur.

In den ersten 1o Tagen nach dem Stopfen wurde die Quecksilberabgabe aus den Proben ermittelt. Aus den 1o Proben jeder Amalgamart wurde der Mittelwert errechnet.

Die Nachweisgrenze für Quecksilber lag für unser Gerät bei o,oo5 Mikrogramm.

Das Silberzinnamalgam Standalloy^R gibt in den ersten 1o Tagen nach dem Stopfen 2 Mikrogramm Quecksilber ab.

Diese Menge verteilt sich folgendermaßen auf die 1o Tage:

Nach 4 Stunden sind o,475 Mikrogramm Hg (28 %) in Lösung übergegangen. Nach 24 Stunden befinden sich 1,o2 Mikrogramm Hg (5o %) und nach 96 Stunden 1,9 Mikrogramm Hg (95 %) in Lösung. Nach 192 und 24o Stunden ist mit unserem Gerät, Nachweisgrenze o,oo5 Mikrogramm Hg (95 %), kein Hg mehr in dem aqua bidestillata registrierbar.

Das non-gamma-2 Versuchsamalgam A-76 gibt in den ersten 1o Tagen nach dem Stopfen die geringste Quecksilbermenge ab, o,425 Mikrogramm. Nach 4 Stunden sind o,27 Mikrogramm Hg (63 %) in Lösung gegangen. Nach 24 Stunden enthält die Lösung o,3i Mikrogramm Hg, das sind schon 9o % der insgesamt abgegebenen Quecksilbermenge. Nach 96 Stunden sowie nach 192 und 24o Stunden ist kein Quecksilber in der Lösung nachweisbar.

Das Kupferamalgam, Cupro-Muc^{R}, gibt in den ersten 1o Tagen nach dem Stopfen die größte Quecksilbermenge ab, 2,9 Mikrogramm. Nach 4 Stunden beträgt die abgegebene Menge o,8 Mikrogramm Hg (27 %). Nach 24 Stunden befinden sich 1,8 Mikrogramm Hg (6o %) in Lösung. Nach 96 Stunden sind es 2,7 Mikrogramm Hg (9o %), nach 192 Stunden 2,8 Mikrogramm Hg (93 %) und nach 24o Stunden 2,9 Mikrogramm Hg (1oo %).

Siehe dazu auch Tabelle 5.

Tabelle 5 Abgabe aus Standalloy^{R}, A 76 und Cupro-Muc^{R} in Prozentzahlen (Mikrogramm in Klammer)

Std.	4	24	96	192	24o
Stand^{R} A 76	28 % (o,475) 63 % (o,27)	5o % (1,o2) 9o % (o,39)	95 % (1,9) 1oo % (o,425)	1oo % (1,99) 1oo % (o,425)	1oo%(1,99) 1oo%(o,425)
Cupro-Muc^{R}	27 % (o,8)	6o % (1,8)	9o % (2,7)	93 % (2,8)	99,3%(2,87)

DIEHL untersuchte 1974 das Silberamalgam Standalloy^{R}(Fa. Degussa) und das Kupferamalgam Cupro-Muc^{R} (Fa. Merz) nach dem gleichen Verfahren.

In einer zusätzlichen Versuchsreihe wollte DIEHL die Hg-Abgabe bei Vorhandensein von Gold bestimmen.

DIEHL erhielt für die ersten zehn Tage nach dem Stopfen bei Silberamalgam 2,37 Mikrogramm und bei Kupferamalgam 2,67 Mikrogramm abgegebenes Quecksilber. Ein dazugegebenes Goldplättchen verminderte die Quecksilberabgabe nicht. Zu erwarten ist, daß das abgegebene Quecksilber über den Speichel in den Verdauungstrakt gelangt und von dort einerseits ins Blut übergeht, andererseits über Faeces und Urin ausgeschieden wird. Den Beweis, daß Hg auch über die Dentinkanälchen in das Blut gelangen kann, erbrachten FRYKHOLM und ODEBLAD (1955). Sie stellten mit radioaktivem Isotop Hg^{203} fest, daß Quecksilber über die Dentinkanälchen in die Pulpa gelangen kann, wegen der geringen Menge sei diese Penetration aber nur von theoretischem Interesse.

BABENDERERDE beantwortet 1970 die Frage der Hg^{203}-Penetration durch das Dentin in die Pulpa negativ. Im Tierversuch kann er nur eine Hg-Abgabe über die Füllungsoberfläche feststellen.

CASTAGNOLA und WIRTZ (1974) haben festgestellt, daß durch Isolieren der Amalgamfüllung, also Legen einer Unterfüllung, das Pentrieren von Quecksilber in das Dentin unterbunden wird.

FREDEN / HELLDEN / MILLEDING ermittelten 1974, daß die Gingiva in Füllungsnähe einen deutlich höheren Quecksilberwert hat als entferntere Bereiche. TILL und WAGNER stellten 1973 eine höhere Ausscheidung von Quecksilberionen aus der Füllung während des Trinkens und der mastikatorischen Tätigkeit fest als im Ruhezustand.

In einer zweiten Versuchsreihe im Jahre 1977 stellten TILL und SCHUBERT regelmäßig Quecksilber im Dentin amalgamgefüllter Zähne fest. Ab und zu wurde auch bei intakten, nicht konservierend behandelten Zähnen Quecksilber festgestellt. Es ist aber keine präzise Aussage über die Herkunft des gefundenen Quecksilbers zu machen.

Zu der Frage, welche Gefahr die von uns gemessenen 2,87 Mikrogramm Quecksilber für den Organismus darstellen, seien HAUSCHILD (196o) sowie SCHELENZ und DIEHL (1973) angeführt. HAUSCHILD schreibt, mit einer chronischen Quecksilbervergiftung sei zu rechnen, wenn über längere Zeit mehr als 5 Milligramm Quecksilber pro Tag aufgenommen werden. SCHELENZ und DIEHL (1973) ermittelten eine Quecksilberaufnahme, die pro Woche 53 Mikrogramm betragen soll. Nimmt man die Aussage der beiden letztgenannten Autoren als Grundlage, so kann zu den von uns ermittelten Werten festgestellt werden:
Frisch gelegte Amalgamfüllungen stellen für sich allein gesehen keine toxische Gefahr für den Patienten dar.

Seit der Chemiker STOCK 1926 auf die Gefahren von Quecksilber aus Füllungen hingewiesen hat, sind immer wieder Untersuchungen über diesen Anteil des Amalgams gemacht worden. Anfangs wurden vor allem Kupferamalgame geprüft.

SOUNDERS und SWEENY (1931) stellten fest, Kupferamalgam gibt kein Quecksilber ab, weder durch Korrosion, chemische Auflösung noch Abnutzung.

HELBIG (1955) widerspricht dem, hält die abgegebene Menge jedoch bei vorschriftsmäßiger Verarbeitung nicht für nennenswert. Unterscheiden müsse man zwischen freiem Quecksilber, welches durch Mage-HCL zu Kalomel umgewandelt wird und den Quecksilberdämpfen. Kupfer stelle erst recht keine Gefahr dar. 1o mg Kupfer werden mit der Nahrung aufgenommen, noch weniger Ionen scheiden aus der Füllung aus. Die Quecksilberdämpfe könnten aber das Personal gefährden; deswegen sind eine Reihe von Maßnahmen einzuhalten: Erhitzen im Reagenzglas, welches mit einem Wattepropfen verschlossen sein muß; die Reste sollen aufgefangen werden und der Arbeitsplatz gut belüftet sein. 196o empfiehlt HELBIG das Kupferamalgam nur noch für Milchzähne.

JENATSCHKE (1970) empfiehlt das Erhitzen im verschlossenen Reagenzglas. Freie Hg-Tröpfchen sollen schnell mit den Plättchen vermischt werden. Kneten soll man das Amalgam nur im Gummifingerling.

Eine Reihe weiterer Autoren (SCHEU, 1959 sowie AVRAMOVIC, 1959; PÜSCHEL, 1961, GRANATH, 1961; GRANATH und HAKANSSON-HOLMA, 1961; KETTERL und LAMPRECHT, 1964) empfehlen Kupferamalgam als Füllungsmaterial. SCHMIDT (1963) beschreibt die oligodynamische und dadurch aseptische Wirkung des Kupfers.

SCHACH (1965) untermauert durch seine Versuche die bakterizide Wirkung von Kupferamalgam auch im Falle von Wurzelspitzenresektionen.

KOVACS (1966) empfiehlt Cu-Amalgam für Weisheitszähne, Zahnhalsfüllungen und floride Karies im bleibenden Gebiß.

KREMER (1977) empfiehlt seine häufigere Verwendung und eine zusätzliche Touchierung mit einem Fluor-Lack nach Abschluß der Behandlung.

Daß es verdrängt wurde, trotz einiger positiver Eigenschaften, liegt vor allem an der relativ hohen Quecksilberabgabe, der beim Kupferamalgam besonders das Personal in der zahnärztlichen Praxis ausgesetzt ist.

Die potentielle Gefahr in diesen Arbeitsräumen durch die mit Quecksilber angereicherte Luft, bedingt durch das Legen und Entfernen von Amalgamfüllungen, untersuchten verschiedene Autoren, so BÖCKER und MARXKORS (1965), MAYER (1968), SAUERWEIN (1972), CUTRIGHT und MILLER (1973), MAYER (1975), WIRTZ und CASTAGNOLA (1977).

WIRTZ und CASTAGNOLA ermittelten eine Hg-Konzentration von 0,025 mg/m^3, die sie für vertretbar halten, ("nicht alarmierend"), geben selber an, daß die Messung an einem Sommertag bei gut durchlüfteten Praxisräumen durchgeführt

wurde, so daß im Winter höhere Werte durchaus zu erwarten sind.

MAYER (1968) führt an, daß durch Wasserberieselung und Verminderung der Drehzahl beim Ausbohren der Quecksilbergehalt der Luft gesenkt werden kann.

In einer weiteren Versuchsreihe stellt MAYER (1975) zur Hg-Abgabe von Silber-Zinn-Quecksilberlegierungen bei der Verarbeitung in der Mundhöhle fest: Manuelles Stopfen der Füllungen, reichliche Wasserzufuhr und geringe Vorschubkräfte beim Ausbohren, nasse Politur sowie niedrige Mundtemperatur, verringern den Quecksilberdampfgehalt über den Füllungen.

SAUERWEIN ermittelte 1967 in den Arbeitsräumen der Konservierenden Abteilung der Universitätsklinik Bonn eine Quecksilberkonzentration von o,o2 mg/m^3.

Für Deutschland beträgt die gesetzlich festgelegte maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) für Quecksilber in Luft o,1 mg/m^3.

Obwohl Quecksilber aus inkorporierten Amalgamfüllungen bei Einhaltung der Vorschriften Patient und Personal nicht gefährdet, ist eine andere Gefahr, die durch Hg bedingte Allergie, nicht auszuschließen: Bekanntlich sind allergische Symptome unabhängig von der Menge des zugefügten Allergens. ROST (1978) unterscheidet drei Wirkungsformen des Quecksilbers:

1. eine molekulare, in Dampfform, welche über die Füllungsoberfläche austritt;
2. als Ion;
3. als lösliche komplexe Verbindung.

Möglich und wahrscheinlich sind solche Reaktionen.

Schon Anfang dieses Jahrhunderts haben einzelne Mediziner diese Vermutung geäußert. In den letzten 3o Jahren häuften sich Berichte über Quecksilberallergien, die mit mannigfaltigen Symptombildern: Speichelfluß, Zungenbrennen, Arbeitsunlust, Müdigkeit, nervösen Störungen, Ekzemen, Gehstörungen, Entzündungen im Magen-Darmtrakt und Nasen-Rachenraum einhergehen sollen.

Von den Autoren, die als Beweis der Allergie auf Quecksilber das Verschwinden der Symptome, nach Ersetzen des Amalgams durch ein anderes Füllungsmaterial anführen, seien FRYKHOLM (1957) und GASSER (1976), STRAßBURG und SCHÜBEL (1967) sowie ROST (1978) genannt.

GASSER konnte bei von ihm behandelten Patienten, nachdem die Diagnose Allergie auf Quecksilber gestellt wurde, durch Entfernen der Amalgamfüllungen und anschließender desensibilisierender Behandlung die Heilung erzielen. Die Diagnose wurde mittels Strommessungen und EAP (Elektroakupunktur) gestellt. Ein von GASSER zitierter Mediziner, GRANDPIERRE, konnte bei 15 anderen Patienten nach der gleichen Methode ebenfalls erfolgreich behandeln. Dessen Beobachtungen erstreckten sich von 1967 bis 1973.

Schon diese Zeitspanne zeigt, gemessen an der Zahl der gelegten Füllungen ist die Anzahl der Sensibilisierungen relativ gering.

Einen weiteren Fall einer allergischen Reaktion auf Quecksilber aus Amalgam belegte TUCHSCHNEIDER (1967). Innerhalb von 1o Stunden nach Legen einer Silberamalgamfüllung traten beim Patienten Juckreiz an der Gesichtshaut und Oberschenkel sowie Schwellung des Augenlides auf. 24 Stunden nach Entfernen der Füllung traten die Erscheinungen zurück.

ROST berichtet 1978 über mehrere erfolgreich behandelte Patienten, bei denen die Diagnose: Amalgamüberempfindlichkeit

feststand. Alle von ihm entfernten Amalgamfüllungen waren ohne Unterfüllung gelegt worden. Danach folgte die Desensibilisierungsbehandlung. In manchen Fällen verstärkten sich die Symtome zu Beginn der Desensibilisierung, klangen aber im Laufe der mehrere Wochen dauernden Behandlung ab.

5 ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde die Quecksilberabgabe von Amalgamfüllungen in Flüssigkeit untersucht. Ein neues non-gamma 2 Amalgam (A-76) wurde mit einem gebräuchlichen Silberzinnamalgam (Standalloy^{R}) und einem Kupferamalgam (Cupro-Muc^{R}) verglichen.

Folgende Schlußfolgerungen können gezogen werden:

1. Alle drei Amalgame geben Quecksilber ab.

2. Bei dem non-gama 2 Amalgam beträgt die abgegebene Menge nach 1o Tagen ca. o,4 Mikrogramm, beim Silberzinnamalgam sind es im gleichen Zeitraum ca. 2,o Mikrogramm Quecksilber pro Füllung. Bezogen auf das erste Amalgam ist dieses die 5fache Menge. Kupferamalgam gibt 2,9 Mikrogramm ab, also die 7fache Menge, bezogen auf das non-gamma 2 Amalgam.

3. Das non-gamma 2 Amalgam gibt in den ersten 4 Stunden über 5o % der insgesamt ausgeschiedenen Quecksilbermenge ab. Beim Silberzinnamalgam werden 5o % in den ersten 24 Stunden abgegeben, ähnlich beim Kupferamalgam. Nach 4 Tagen ist beim Silberzinnamalgam und Kupferamalgam ca. 9o % der insgesamt abgegebenen Hg-Menge in der Flüssigkeit gelöst, beim non-gamma 2 Amalgam ca. 1oo %. Am 1o. Tag nach dem Stopfen ist nur beim Kupferamalgam noch eine geringe Hg-Abgabe (weniger als o,7 %) erkennbar.

4. Vergiftungsgefahr durch Quecksilber aus Amalgamfüllungen besteht bei keiner der drei Amalgame. Allergisierende Erscheinungen sind möglich.

6 LITERATURVERZEICHNIS

AOAC-METHODEN 25o58 - 25o65: Official methods of analysis of the AOAC Association of Official Agricultural Chemists;
Washington 14. Aufl., S. 812 (1968)

AVRAMOVIC, D.: Prophylaxis der Sekundärkaries;
Stomatoloski Glasnik Srbije, Juni (1959)

BABENDERERDE, E., HELD, M. und S. UNTERSPANN: Untersuchungen zur Diffusion des Quecksilbers aus Silber-Zinn-Amalgam-Füllungen mittels Hg^{203};
Dtsch. Stomat. 2o, 343 - 348 (197o)

BLACK, G. V.: Konservierende Zahnheilkunde;
Bd. I und II, H. Meusser-Verlag, Berlin (1914)

BÖCKER, F. W. und R. MARXKORS: Untersuchungen über den Quecksilberdampfgehalt in der Luft bei der Verarbeitung von Amalgamen;
Dtsch. Zahnärztebl. 19, 127 - 129 (1965)

BRANDENBERGER, H. und H. BADER: Die Bestimmung von Nanogramm-Mengen Quecksilber aus Lösungen durch ein flammenloses atomares Absorptionsverfahren;
Helvetia Chimica Acta Vol. 5o, 14o9 - 1415 (1967)

CASTAGNOLA, L. und J. WIRTZ: Die Quecksilberverdampfung bei der Verarbeitung von Silberamalgamen;
Schw. Mschr. Zahnheilkunde 83, 923 - 946 (1974)

CUTRIGHT, D. E., MILLER, R. A., BATTISTONE, C. G. and L. J. MILLIKAN: Systemic mercury levels caused by inhaling mist during high speed amalgam grinding;
J. oral Med. 28, 1oo (1973)

DIEHL, W.: Flammenlose atomabsorptionsspektrographische Untersuchungen über die Abgabe von Quecksilber aus Silberzinn- und Kupferamalgamfüllungen in Flüssigkeiten;
Med. Inaug. Diss. Tübingen (1974)

DILL, M. S.: Determination of submicrogram qualities of mercury in water and lithium hydroxide solutions; A. E. C. Research and development Report Y - 1572, Oak Ridge (196)

DREYER-JÖRGENSEN, K.: Amalgame in der Zahnheilkunde; Carl Hanser-Verlag, München - Wien, 26 - 37 (1974)

FREDEN, H., HELLDEN, L. und P. MILLEDING: Mercury content in gingival tissues adjacent to amalgam fillings; Odontol. T., 25 - 2o7 (1974)

FRYKHOLM, K. O. und E. ODEBLAD: Studies on the penetration of mercury trough the dental hard tissues, using Hg^{203} in silver amalgam fillings; Acta odont. scand. 13, 157 - 165 (1955)

FRYKHOLM, K.: On mercury from dental amalgam its toxic and allergic effects and some comments on occupationel hygiene; Acta odont. scand. Vol. 15, Supp. 22, Stockholm (1957)

GANTNER, K.: Eine Messapparatur zur Bestimmung von Quecksilberdampfkonzentrationen während zahnärztlicher Verrichtungen; Med. Inaug. Diss. Tübingen (1966)

GASSER, F.: Neue Untersuchungsergebnisse über Amalgam; Quintess. zahnärztl. Lit. 12, 47 - 53 (1976)

GRANATH, L. E.: Härte der zahnärztlichen Amalgame; Odont. Revy 12, 368 (1961)

GRANATH, L. E. und B. HAKANSSON-HOLMA: Klinische Nachprüfungen von Kupferamalgamfüllungen im Milchzahngebiß; Odont Revy 12, 272 (1961)

HAUSCHILD, F.: Pharmakologie und Grundlage der Toxikologie; VEB Georg Thieme, Leipzig, 313 - 319 (196o)

HELBIG, K.: Zur Frage der Gefährdung von Patient und Zahnarzt durch Kupferamalgam; Dtsch. Zahnärztebl. 9, 125 (1955)

HELBIG, K.: Ist Kupferamalgam zum Füllen von Zähnen noch zu empfehlen?
Dtsch. Stomat. 1o, 619 (196o)

HOFFMANN-AXTHELM, W.: Lexikon der Zahnmedizin;
Buch- und Zeitschriftenverlag "Die Quitessenz",
Berlin (1974)

JENATSCHKE, F.: Untersuchungen über die Entstehung von Quecksilberdampf bei der Zubereitung von Kupferamalgam und dessen Reduzierung im Arbeitsraum;
Med. Inaug. Diss. Tübingen (197o)

KETTERL, W. und K. LAMPRECHT: Zum Problem des Quecksilber-Standgehaltes in zahnärztlichen Räumen;
Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 11o4 (1964)

KOVACS, V.: Contributo allo studio della resistenza meccanica della moderna amalgame si rame;
Revista Ital. die Stomatol. 21, 1o3o (1966)

KREMER, H.: Häufigkeit der Sekundärkaries an Amalgamfüllungen der ersten Molaren bei Zehn- bis 15jährigen;
Zahnärztl. Praxis 28, 48 - 51 (1977)

KROPP, R.: Gamma 2 - freies Amalgam - ein neuer Werkstoff für die Zahlheilkunde;
Quitess. zahnärztl. Lit. 5, 51 - 54 (1976)

MAYER, R.: Eine Methode zur Messung des Quecksilberdampfdruckes insbesondere bei zahnärztlichen Verrichtungen;
Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 8oo - 8o3 (1966)

MAYER, R.: Quecksilberdampfmessungen beim Ausbohren von Amalgamfüllungen;
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 191 - 196 (1968)

MAYER, R.: Arbeitshygienische Untersuchung bei der Verarbeitung von Silber-Zinn-Quecksilberlegierungen in der Mundhöhle;
Dtsch. zahnärztl. Z. 3o, 246 - 253 (1975)

MAYER, R.: Gesundheitliche Gefahren durch Quecksilberdämpfe aus Eichner, K.: Zahnärztliche Werkstoffkunde, A. Hüthing-Verlag, Heidelberg (1974)

PÜSCHEL, L.: Die Versorgung kariöser Defekte im Zahnbereich und die klinische Eignung des neuen Kupferamalgams Cupro-Muc^{R};
Diss. Halle (1961)

REBEL, H.H.: Konservierende Zahnheilkunde;
Carl Hanser-Verlag, München (1950)

ROST, A.: Amalgamschäden;
Zahnärztl. Praxis, 475 - 478 (1978)

SAUERWEIN, E.: Zahnerhaltungskunde;
2. Aufl. Stuttgart: Thieme (1972)

SCHACH, H.: Biologische Probleme zur Amalgamfrage;
Dt. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, 45, 112 - 129 (1965)

SCHELENZ, R. und J. F. DIEHL: Quecksilbergehalte von Lebensmitteln des deutschen Marktes;
Z. Lebensm. Unters.-Forsch. 151, 369 - 375,
J. F. Bergmann, Verlag München (1973)

SCHEU, W.: Kupferamalgam und seine Indikation als Füllmaterial im bleibenden Gebiß;
Zahnärztl. Rdsch. 60, 359 (1959)

SCHMIDT, H. J.: Das Kupfer-Ion in der Zahnheilkunde;
Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 181 (1963)

SOUNDERS, W. und W. T. SWENNY: Is mercury poisonous in dental amalgamrestauration"
Dent. Cosm. 73, 1145 (1931)

STOCK: Die Gefährlichkeit des Quecksilbers und der Amalgame;
Z. angew. Chem. 39, 984 (1926)

STOCK, A. und H. LUX: Die quantitative Bestimmung kleinster Quecksilbermengen;
Z. angew. Chem. 44, 2oo (1931)

STRASSBURG, M. und F. SCHÜBEL: Generalisierte allergische Reaktionen durch Silberamalgamfüllungen; Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 3 - 9 (1967)

TILL, T. und G. WAGNER: Untersuchungen zur Löslichkeit der Bestandteile von Amalgamfüllung während des Kau- und Trinkaktes; Zahnärztl. Rdsch. 82; 954 - 968 (1973)

TILL, T. und K. SCHUBERT: Bericht über Sprenanalysen an menschlichen Zähnen; Zahnärztl. Rdsch. 86, 66 - 7o (1977)

TUCHSCHNEIDER, R.: Quecksilberüberempfindlichkeit; Quintess. zahnärztl. Lit. 12, 41 - 42 (1967)

WIRTZ, J. und L. CASTAGNOLA: Quecksilberdämpfe in der zahnärztlichen Praxis; Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 87, 57o - 576 (1977)

Herrn Professor Dr. R. Mayer möchte ich für die Überlassung des Themas, für seine Anleitung und für die schnelle Durchsicht der Arbeit recht herzlich danken.

Herrn Professor Dr. H. Weichardt danke ich für die Erlaubnis, im Institut für Arbeitsmedizin die Versuche durchführen zu dürfen.

Mein Dank gilt ebenfalls der Fa. Degussa, insbesondere Herrn Dr. R. Kropp, für das zur Verfügung gestellte Untersuchungsmaterial und für seine Anleitung.

Lebenslauf

Am 6. März 1950 wurde ich, Kurt Schlesiger, als Sohn des Maschinenschreiners Georg Schlesiger und seiner Ehefrau Maria, geb. Frühm, in Bistritz geboren.

Nach dem Besuch der Grundschule trat ich 1961 in das Gymnasium in Bistritz ein. 1969 legte ich dort die Reifeprüfung ab. Ab Herbst 1969 studierte ich 2 Semester Zahnheilkunde in Klausenburg.

1971 setzte ich in Münster/Westfalen das Studium der Zahnheilkunde fort, welches ich am 15. 6. 1976 mit dem Staatsexamen abschloß.

Seit Februar 1977 bin ich Assistenzzahnarzt in Herrenberg.